溫度對華釉小蜂（膜翅目: 釉小蜂科）族群增長與致死寄主能力之影響

錢景秦*　古琇芷　張淑貞

臺中縣霧峰鄉　行政院農業委員會農業試驗所應用動物組

(接受日期：2005 年 2 月 5 日)

摘　　要

錢景秦*、古琇芷、張淑貞　2005　溫度對華釉小蜂（膜翅目：釉小蜂科）族群增長與致死寄主能力之影響　植保會刊　47：87－101

於 10、15、20、25、30 及 35℃下進行溫度對華釉小蜂（*Neochrysocharis formosa* (Westwood)）族群增長與致死寄主能力影響之研究。得知該蜂之發育適溫帶為 15 至 35℃，其間卵至成蟲期之存活率與發育日數各為 90.5－94.8% 與 7.6－56.8 日，而 10℃時蜂卵之孵化率為 0%。卵至成蟲期之發育臨界低溫為 13.0℃，卵、幼蟲、蛹及卵至成蟲期之發育有效積溫各為 18、44、93 及 165 日度。於 15－35℃定溫、每日供應 40－50 隻非洲菊斑潛蠅第三齡幼蟲時，該蜂一生致死寄主總數與溫度呈極顯著之二次迴歸關係，最大估測值為 24.9℃時之 317 隻；但在 25℃下繁殖之華釉小蜂移至 30 與 35℃時，該蜂一生致死寄主之實測值竟各達 318 與 538 隻。雌蜂一生寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比例與溫度呈不顯著之直線迴歸關係，於 15－35℃時兩者實測比例為 1.3－2.1:1。子代雌性比與溫度呈顯著之二次迴歸關係，於 15－35℃時其實測值為 0.44－0.61。在 20 與 25℃時，雌蜂每日內在增殖率（r）各為 0.1023 與 0.1815，淨增殖率（R_0）各為 81 與 102 隻雌蜂，平均世代時間（T）各為 43.02 與 25.47 日。在 15－35℃定溫、每日僅以純蜂蜜餵食、無寄主供應時，雌、雄蜂壽命均隨溫度之上升而縮短，兩者間呈極顯著之直線迴歸關係，其最大估值各為 15℃時之 72.8 與 55.7 日；但每日以純蜂蜜餵食、且有寄主供應時，雌、雄蜂壽命與溫度間則均呈極顯著之二次迴歸關係，其最大估值雌蜂為 22.2℃時之 22.0 日，雄蜂為 21.6℃時之 11.1 日。

(關鍵詞：華釉小蜂、非洲菊斑潛蠅、溫度、族群增長、致死寄主能力)

* 通訊作者。E-mail: chien@wufeng.tari.gov.tw

緒　言

華釉小蜂（*Neochrysocharis formosa* (Westwood)）分布於舊北區西部、衣索匹亞區、丹麥、芬蘭、西班牙、以色列、馬來西亞、越南、廣東、臺灣、關島、馬里亞納群島、日本、夏威夷及美國等地區[7]。寄主範圍廣泛，包括鞘翅目、鱗翅目、雙翅目及膜翅目等 50 種寄主[1, 11, 15, 17, 22]。在美國佛州與夏威夷州，該蜂寄生蔬菜斑潛蠅（*Liriomyza sativae* (Blanchard)）與非洲菊斑潛蠅（*L. trifolii* (Burgess)）[14, 16]，且在佛州之芹菜與番茄上為斑潛蠅之優勢種寄生蜂[20, 21]。在關島，該蜂為長豇豆（*Vigna unguiculata* (L.) Walp.）與菜豆（*Phaseolus vulgaris* L.）上非洲菊斑潛蠅最常見之寄生蜂[19]。在中國大陸華南地區，該蜂為豆科與瓜類蔬菜上蔬菜斑潛蠅之優勢種寄生蜂[3]。在臺灣中部非洲菊園內，該蜂為非洲菊斑潛蠅之本地種優勢寄生蜂[5]。寄生方式屬幼蟲單員內寄生（solitary endoparasitism）[1, 6, 7]；致死寄主方式有寄生與取食寄主兩種，兩者之比例與雌蜂密度無關，當雌蜂數與寄主數為 10－30 隻與 300 隻時，兩者之比例為 1.9－2.7:1[8]；雌蜂產卵與取食寄主時，均偏好非洲菊斑潛蠅第三齡幼蟲[6]。於 25℃下，雌蜂一生致死寄主數高達 385 隻，同時寄主幼蟲被產卵或取食後，於 0－5.7 分鐘內即不再活動、取食[7]。華釉小蜂與溫度之相關資料僅梁等利用豇豆上蔬菜斑潛蠅為寄主，在 14－34℃下進行其發育與齡別生命表之探討，得知在 14℃時該蜂不能產卵，各蟲期之存活率以 22－26℃時最高，其淨增殖率在 18、22、26、30 及 34℃時各為 35.32、54.09、53.04、40.80 及 1.92 粒雌卵／雌蜂[2]。為深入瞭解在非洲菊斑潛蠅上溫度對華釉小蜂之發育、齡別生命表、致死寄主能力及壽命等之影響，乃進行本試驗，冀能提供該蜂繁殖技術與應用之參考。

材料與方法

寄主植物、寄主昆蟲及寄生蜂之飼育

本試驗所用之非洲菊斑潛蠅蟲源、寄主植物菜豆（*Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeschers）苗及寄主非洲菊斑潛蠅之繁殖方法，如錢與古[4] 所述。華釉小蜂之蟲源與繁殖方法，則如錢與古[6, 7] 所述。即以帶有第三齡非洲菊斑潛蠅幼蟲潛食之罐插菜豆苗，繁殖華釉小蜂。

寄生蜂寄生致死寄主與取食致死寄主之區分

本試驗中區分寄主幼蟲被華釉小蜂寄生或取食後之致死徵狀，係依錢與古[7] 所述，被寄生者體黃色、外形鬆馳拉長但仍保持原來之飽滿、消化管內無暗綠色之內容物、呈深度麻痺狀態，被取食者體黃褐色、外形伸長體扁且萎縮、消化管內仍殘有暗綠色之內容物、傷口處留有乾涸之體液。

溫度對釉小蜂發育之影響

利用在 25℃下，雌蜂 2 小時與 24 小時內所產下之同齡蜂卵，進行六種不同溫度對華釉小蜂發育之影響。首先參照錢與古[6] 之方法，以帶有第三齡寄主幼蟲潛食之罐插菜豆苗，供雌蜂產卵 2 小時或 24 小時，然後將此帶有 20－70 粒同齡蜂卵之罐插菜豆苗，各放入 10、15、20、25、30 及 35℃之定溫箱內。雌蜂產卵 2 小時之處理組，每日觀察溫度對該蜂各蟲期之存活率與發育日數之影響，並在近各蟲期或齡期蛻皮之際，每小時記錄該蜂之發育情形。雌蜂產卵 24 小時之處理組，則觀察在不同溫度處理下，其一代之發育日數與存活率。其中存活率試驗每處理觀察 20－50 粒卵，各做 3－5 重複；發育期試驗各觀察 32－70 隻不等。並依 Campbell *et al.*[12] 之方法，估算該蜂之發育臨界低溫與發育有效積溫。

定溫對釉小蜂致死寄主能力與子代雌性比之影響

在定溫下測試溫度對華釉小蜂致死寄主能力與子代雌性比之影響，其方法係利用前項中華釉小蜂卵在 15、20、25、30 及 35 ℃五種不同定溫下發育、正常羽化之第一日齡成蜂，各取 1 對引入 21 x 12 cm 之玻璃筒，然後再放入各原有五種不同溫度處理之定溫箱內。每日早上 7 點，各處理除以細毛筆將純蜂蜜塗於玻璃筒內壁外，尚供應 1 株內有 40－50 隻第三齡寄主幼蟲潛食之罐插菜豆苗，直至雌蜂死亡為止。試驗期間，每日將各處理所更換下內有被寄生寄主之菜豆苗移至 25℃下飼育直至子代成蜂羽化外，亦依錢與古[6]之方法，於接蜂後次晨，先利用透光法計數雌蜂對寄主幼蟲之致死總數（寄生致死數與取食致死數），6－7 日後，再分別記錄雌蜂對寄主幼蟲之寄生數（寄生蜂蛹數）與取食寄主數（致死寄主總數－寄生蜂蛹數）；待寄生蜂羽化後再記錄雌蜂與雄蜂數及雌性比（♀／（♀+ ♂））。每處理各進行 7－17 重複。

高溫對 25℃下繁殖之釉小蜂致死寄主能力與子代雌性比之影響

將在 25℃下繁殖之第一日齡成蜂分別移至 30 與 35℃下，然後測試高溫對華釉小蜂致死寄主能力與子代雌性比之影響，期間供試寄主與檢視試驗結果之方法與上述方法相同。每處理各進行 6－8 重複。

釉小蜂之齡別生命表

利用上述試驗中，所得之 24 小時內同齡蜂卵在不同溫度處理中之一代發育期與存活率資料，及雌蜂各日齡繁殖之子蜂數與雌性比等資料，代入 Birch[10]之公式，以估算該蜂在各不同溫度下之族群介量，如內在增殖率（intrinsic rate of increase, r），終極增殖率（finite rate of increase，λ）、淨增殖率（net reproductive rate, R_0）及平均世代時間（mean generation time, T）等。每處理各進行 6－17 重複。

溫度與食物對成蜂壽命之影響

試驗分兩種方式進行，即在無寄主或有寄主供應下，測試在食物存在與否下溫度對成蜂壽命之影響。無寄主處理組之試驗方法，係先將於 25℃下初羽化之 10 對成蜂引入 7 x 1.5 cm 之指形管，然後在無寄主供應下，每日以細毛筆塗畫於玻璃管內壁之方式，分別將純蜂蜜、水餵食之，另設一不餵食任何食物之對照組。其中餵食蜂蜜之處理組，係將成蜂各放入 15、20、25、30 及 35 ℃等不同溫度之定溫箱，而餵食水、或不餵食任何食物之對照組，則將成蜂放入 25℃定溫箱，每日觀察成蜂之壽命，每處理各進行 5 重複。而有寄主處理組之試驗方法，則係利用上述試驗之結果，即成蜂在 15、20、25、30 及 35℃等不同溫度下，每日供應寄主且餵食純蜂蜜時，測試溫度對其壽命之影響。每處理各進行 7－17 重複。

統計分析

各項試驗資料利用 SPSS（Statistical Products and Services Solutions）軟體先進行變方分析，再以最小顯著差（LSD）法檢測。利用迴歸分析法顯示寄生蜂之各測試項目（$\hat{y}$），如各蟲期發育速率、雌蜂與雄蜂之壽命、雌蜂致死寄主總數、雌蜂寄生致死寄主數、雌蜂取食致死寄主數、雌蜂寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比例、子蜂數及雌性比等與溫度（x）之關係。當 $\hat{y} = b_0 + b_1x + b_2x^2$ 時，$\hat{y}$ 最大值之求法，係以 $x = -b_1/2b_2$ 代入前項公式求得[18]。

結　　果

溫度對釉小蜂發育之影響

在 10－35℃定溫下，10℃時華釉小蜂卵之孵化率為 0%；15－35℃時卵發育至成

蟲之存活率則高達 90.5－94.8%（表一）。卵、幼蟲、蛹及卵至成蟲等各蟲期之發育日數均隨溫度之升高而縮短，而前蛹期之發育日數在 15－25℃時雖隨溫度之升高而縮短，但在 25－35℃時卻未隨溫度之升高而縮短（表二）。該蜂各生長期之發育速率除前蛹期外，均隨其發育適溫範圍內溫度之升高而增快，兩者間呈極顯著之直線迴歸關係，而前蛹期之發育速率則與溫度呈不顯著之直線迴歸關係（p = 0.0502）（表三）。卵、幼蟲、蛹及卵至成蟲等蟲期之發育臨界低溫各為 12.8、14.1、12.7 及 13.0 ℃；發育有效積溫各為 18、44、93 及 165 日度（表三）。

表一、不同定溫下華釉小蜂未成熟期之存活率

Table 1. Survival rates ($\bar{x}$ ± SE) of immature stages of *Neochrysocharis formosa* at various constant temperatures

Temp. (℃)	Egg	Larva	Prepupa	Pupa	Egg-adult
10	0	-	-	-	0
15	99.6 ± 0.4	98.7 ± 1.0	99.3 ± 0.5	95.3 ± 2.8	92.4 ± 1.9
20	100	100	100	94.8 ± 1.9	94.8 ± 1.9
25	100	100	100	93.2 ± 1.0	93.2 ± 1.0
30	100	97.9 ± 0.9	99.4 ± 0.6	95.8 ± 2.6	92.5 ± 2.7
35	100	94.9 ± 2.7	100	95.6 ± 2.9	90.5 ± 0.3

表二、不同定溫下華釉小蜂未成熟期之發育日數

Table 2. Developmental duration (d) of immature stages of *Neochrysocharis formosa* at various constant temperatures

Temp. (℃)	Egg		Larva		Prepupa		Pupa		Egg-adult	
	n	$\bar{x}$ ± SE	n	$\bar{x}$ ± SE	n	$\bar{x}$ ± SE	n	$\bar{x}$ ± SE	n	$\bar{x}$ ±SE
15	41	6.3 ± 0.1	40	18.9 ± 0.5	39	2.2 ± 0.4	38	29.4 ± 0.6	33	56.8 ±0.6
20	65	2.7 ± 0.0	65	9.1 ± 0.1	65	1.7 ± 0.1	64	15.3 ± 0.3	52	28.8 ±0.3
25	70	1.5 ± 0.0	70	4.4 ± 0.0	65	0.5 ± 0.0	65	8.1 ± 0.1	60	14.4 ±0.2
30	42	1.0 ± 0.0	40	2.8 ± 0.1	39	0.5 ± 0.2	38	4.8 ± 0.2	34	9.1 ±0.1
35	37	0.8 ± 0.0	35	2.0 ± 0.0	33	0.5 ± 0.0	32	4.3 ± 0.1	32	7.6 ±0.1

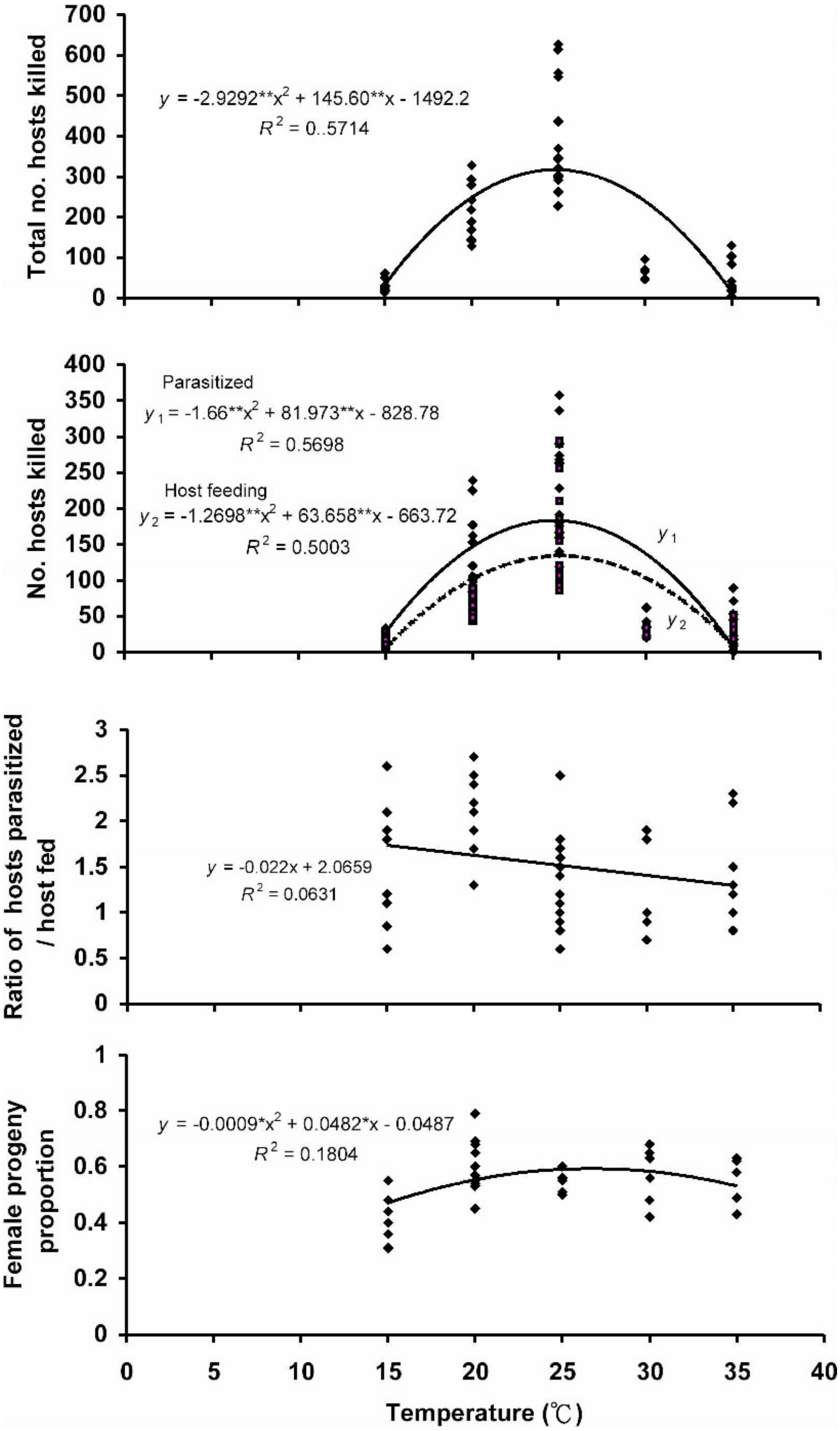
表三、 華釉小蜂各發育期之發育速率與溫度間之直線迴歸模式，發育臨界低溫及發育有效積溫

Table 3. Linear regression models (y = developmental rate, x = temperature), lower developmental thresholds (℃), and degree-days required (℃-days) for *Neochrysocharis formosa* life stages to develop

Stage	Linear regression model			Lower developmental threshold[2]	Degree-days[2]
	Intercept	Slope[1]	R^2	($\bar{x}$ ± SE)	($\bar{x}$ ± SE)
Egg	- 71.694	5.6244**	0.9952	12.8 ± 0.3	18 ± 1
Larva	- 0.325	0.023**	0.9727	14.1 ± 0.6	44 ± 4
Prepupa	- 0.847	0.0902	0.771	-	-
Pupa	- 0.135	0.0106**	0.9822	12.7 ± 0.7	93 ± 9
Egg to Adult	- 0.075	0.0058**	0.9779	13.0 ± 0.5	165 ± 12

[1]** Denote significant difference at $p \leqq 0.01$.

[2] Estimated according to Campbell *et al.*[12]



圖一、溫度與華釉小蜂致死寄主數及其子代雌性比之關係。

Fig. 1. Relationship between temperature and the number of hosts killed by *Neochrysocharis formosa* and its female progeny proportion. * and ** denote significant difference at $p \leqq 0.05$ and $p \leqq 0.01$, respectively.

表四、不同溫度下華釉小蜂之壽命、致死寄主能力與子代雌性比 [1, 2)]

Table 4. Longevity, host-killing capability, and female progeny proportion ($\bar{x}$ ± SE) of *Neochrysocharis formosa* at various temperatures[1, 2)]

Temp. (°C)	*n*	Longevity (d)		No. hosts killed/♀				Female progeny proportion
		Female	Male	Parasitized (A)	Host-feeding (B)	Total	A/B	
15	10	15.6 ± 1.4b	7.8 ± 0.7bc	18 ± 3d	13 ± 2d	31 ± 5d	1.6 ± 0.2ab	0.44 ± 0.04cd
20	10	23.8 ± 1.2a	15.1 ± 1.5a	146 ± 17c	64 ± 8c	213 ± 22c	2.1 ± 0.1a	0.61 ± 0.03ab
25	17	22.3 ± 1.2a	8.8 ± 0.6b	213 ± 17b	172 ± 17a	385 ± 31b	1.4 ± 0.1b	0.54 ± 0.02bc
30	7	9.3 ± 0.9c	7.7 ± 1.0bc	40 ± 7d	30 ± 2cd	70 ± 8d	1.3 ± 0.2b	0.57 ± 0.04ab
35	10	8.0 ± 0.9c	5.5 ± 0.9c	32 ± 10d	24 ± 5d	56 ± 14d	1.4 ± 0.2b	0.55 ± 0.04ab
25→30[3)]	8	17.6 ± 1.9b	10.5 ± 0.5b	199 ± 32bc	117 ± 12b	318 ± 42b	1.7 ± 0.2ab	0.65 ± 0.02a
25→35[3)]	6	22.2 ± 1.4a	10.0 ± 0.5b	336 ± 30a	204 ± 16a	538 ± 44a	1.7 ± 0.1ab	0.43 ± 0.05d

1) Each pair of adults were provided with 40-50 third-instar larvae of *Liriomyza trifolii* daily and reared at a given temperature with photoperiod of 14:10 (L:D) and 65-85% RH.

2) Means in each column followed by the same letter are not significantly different at $p \leqq 0.05$ (LSD).

3) Reared and emerged at 25°C, then transferred to 30 or 35°C for the parasitism and feeding tests.

溫度對釉小蜂致死寄主能力與其子代雌性比之影響

試驗結果由圖一與表四得知，在 15－35 ℃定溫、每日供應 40－50 隻寄主第三齡幼蟲時，華釉小蜂一生致死寄主總數與溫度呈極顯著之二次迴歸關係，如在 15、20、25、30 及 35℃時，該蜂一生致死寄主總數之實測值各為 31、213、385、70 及 56 隻，最大估測值為 24.9 ℃時之 317 隻。其間該蜂寄生致死寄主能力或取食致死寄主能力均與溫度呈極顯著之二次迴歸關係，如在 15、20、25、30 及 35℃時，寄生致死寄主數之實測值各為 18、146、213、40 及 32 隻，最大估測值為 24.6℃時之 177 隻；取食致死寄主數之實測值各為 13、64、172、30 及 24 隻，最大估測值為 25.1℃時之 134 隻。雌蜂一生寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比例與溫度呈不顯著之直線迴歸關係（p = 0.0786），在 15－35℃時，其實測比例為 1.3－2.1:1。子代雌性比與溫度關係呈顯著之二次迴歸關係，在 15－35℃時，該蜂之子代雌性比之實測值為 0.44－0.61。

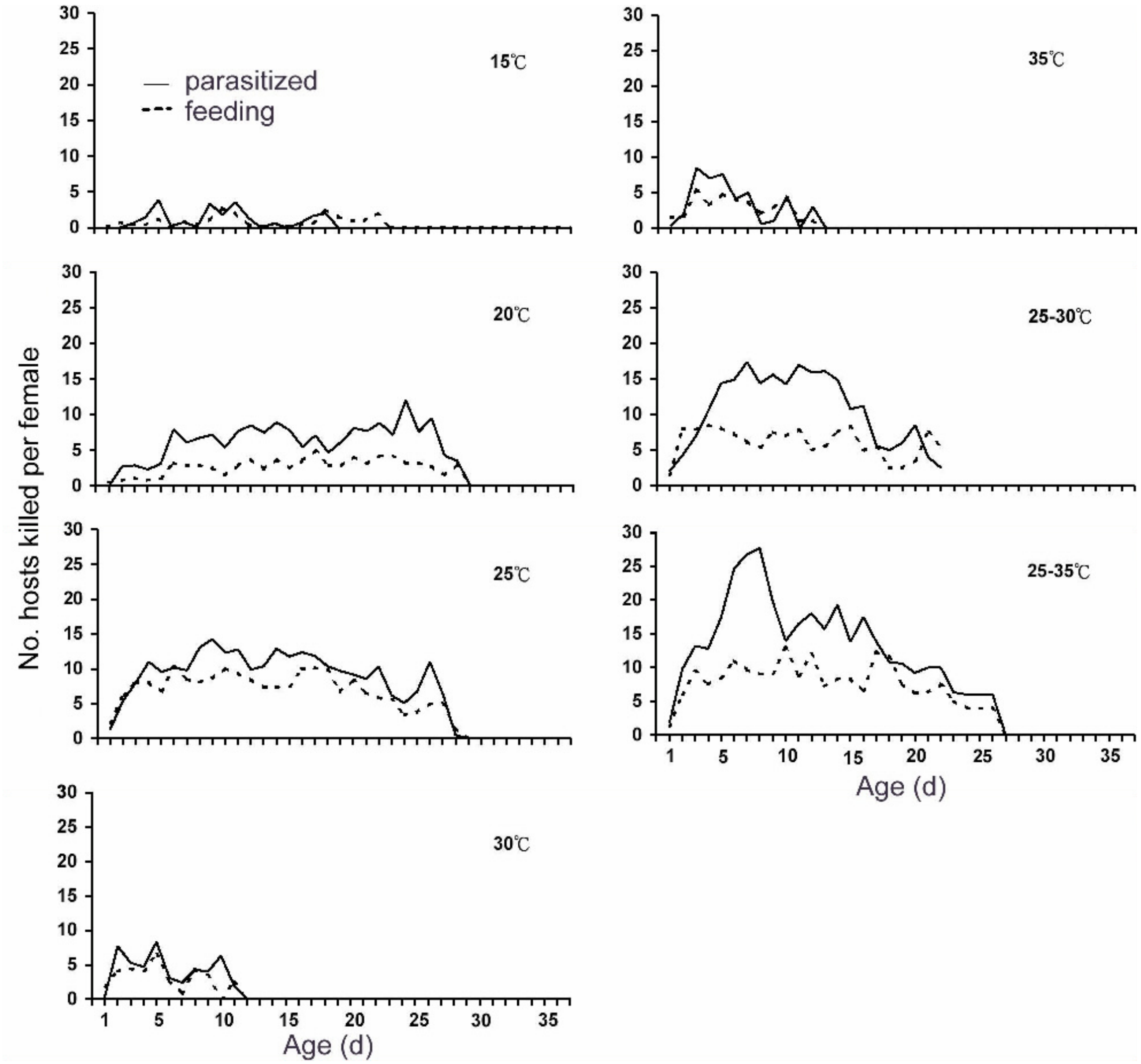
高溫對 25℃下繁殖之釉小蜂致死寄主能力與子代雌性比之影響

華釉小蜂在 25℃下繁殖之第一日齡成蜂，若移至 30 與 35℃高溫下、每日供應 40－50 隻寄主第三齡幼蟲時，雌蜂壽命各為 17.6 與 22.2 日，雄蜂壽命各為 10.5 與 10.0 日，雌蜂一生致死寄主數各為 318 與 538 隻，雌蜂一生寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比例均為 1.7：1，子代雌性比各為 0.65 與 0.43（表四）。上述各項測試值與上項試驗結果比較時，顯示該兩處理組與 30 與 35℃定溫下雌蜂壽命、或 20 與 35℃定溫下雄蜂壽命間有顯著差異。在 25℃下繁殖之成蜂移至 35℃高溫下，其雌蜂致死寄主總數雖最多且與其他各處理組間呈顯著差異，但其子代雌性比卻最低，僅與 15℃定溫處理組間無顯著差異，雌蜂一生寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比例與其他各處理組間均無顯著差異。在 25℃下繁殖之成蜂移至 30℃高溫下，其雌蜂致死寄主總數僅與 25℃定溫處理組無顯著差異，而與 15、20、30 及 35℃等定溫處理組間呈顯著差異，至於子代雌性比則與 20、30 及 35℃定溫處理組間無顯著差異，雌蜂一生寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比例與其他

各處理組間均無顯著差異（表四）。

溫度對釉小蜂日寄生型式與日取食型式之影響

由圖二所示華釉小蜂日寄生型式中，得知在不同定溫下除 15 與 20℃處理組外，該蜂羽化當日或次日即可產卵寄生，且除 15、30 及 35℃處理組外，供試雌蜂在死亡當日尚具寄生能力，顯示該蜂雖無明顯的寄生前期與寄生後期，但華釉小蜂日寄生型式卻依溫度而異。如在 25、30 及 35℃時第一日齡雌蜂之寄生寄主數雖較少，但至第二、三日齡後即明顯增加，其中 25℃者且可維持近 26 日之寄生高峰期，其間日平均寄生寄主數為 5.1－14.3 隻，而 30 與 35℃者其寄生高峰期僅各維持 10 與 6



圖二、不同定溫下華釉小蜂之日寄生與取食寄主型式。

Fig. 2. Daily parasitization and host feeding patterns of *Neochrysocharis formosa* at various constant temperatures (25-30°C and 25-35°C: wasps reared at 25°C during the immature stage and then transferred to 30 or 35°C for the parasitism and feeding tests).

日，其間日平均寄生寄主數各為 2.0－8.3 與 2.0－8.5 隻。20℃時，50%雌蜂羽化後 4－8 日開始產卵寄生，至第六日齡後其日平均寄生寄主數才明顯增加，且寄生高峰期長達 21 日，其間日平均寄生寄主數為 4.7－12.0 隻。15℃時，雌蜂羽化後 3－10 日開始寄生，每日不僅平均寄生寄主數僅為 0－3.9 隻，且 88%雌蜂在壽命終了前之 3－8 日，即無寄生寄主能力。至於在 25℃下繁殖之第一日齡成蜂，若移至 30 與 35℃高溫下，兩者當日即可寄生寄主，至第四或第二日齡時達寄生高峰，寄生盛期各維持 13 與 21 日，其間日平均寄生寄主數各為 10.6－17.4 與 9.2－27.7 隻。

由圖二所示華釉小蜂日取食寄主型式中，得知在不同定溫下除 15 與 20℃處理組外，該蜂羽化當日或次日即可取食寄主，且供試雌蜂在死亡當日尚具取食寄主能力，顯示該蜂雖無明顯的取食寄主前期與取食寄主後期，但其日取食寄主型式卻與溫度有關。如在 25、30 及 35℃時第一日齡雌蜂之取食寄主數雖較少，但至第二、三日齡後即明顯增加，其中 25℃者且可維持近 22 日之取食高峰期，其間日平均取食寄主數為 5.6－10.4 隻，而 30 與 35℃者其取食高峰期僅各維持 4 與 5 日，其間日平均取食寄主數各為 4.1－6.6 與 3.2－5.3 隻。20℃時，30% 雌蜂羽化後 4－5 日開始取食寄主，至第六日齡後其日平均取食寄主數才明顯增加，取食高峰期長達 21 日，其間日平均取食寄主數為 1.5－3.2 隻。15℃時，38%雌蜂羽化後 5－10 日開始取食寄主，取食期雖長達 22 日，但平均每日取食寄主數僅為 0.1－2.8 隻。至於在 25℃下繁殖之第一日齡成蜂，若移至 30 與 35℃高溫下，兩者當日即可取食寄主，至第二日齡時達取食寄主高峰，取食盛期各維持 16 與 21日，其間日平均取食寄主數各為5.0－8.5 與 6.0－13.0 隻。

溫度對釉小蜂齡別生命表之影響

華釉小蜂族群之增長，在 15－35℃定溫時係隨溫度之上升而增加，如其每日內在增殖率在 15、20、25、30 及 35℃定溫時，各為 0.0293、0.1023、0.1815、0.2227 及 0.2392（表五），顯示 35℃為該蜂族群增長最快之溫度。但由該蜂淨增殖率觀之，在 15、20、25、30 及 35℃時，各為 7、81、102、19 及 15 隻雌蜂／雌蜂（表五），顯示 20 與 25℃為該蜂繁殖最適之溫度。該蜂之齡別淨增殖值（v_x）、齡別繁殖率（m_x）及齡別存活率（l_x）等雖與溫度有關，但就彼等之曲線型式而言，三者之型式在 15－35℃各處理組間均相似（圖三）。

溫度與食物對成蜂壽命之影響

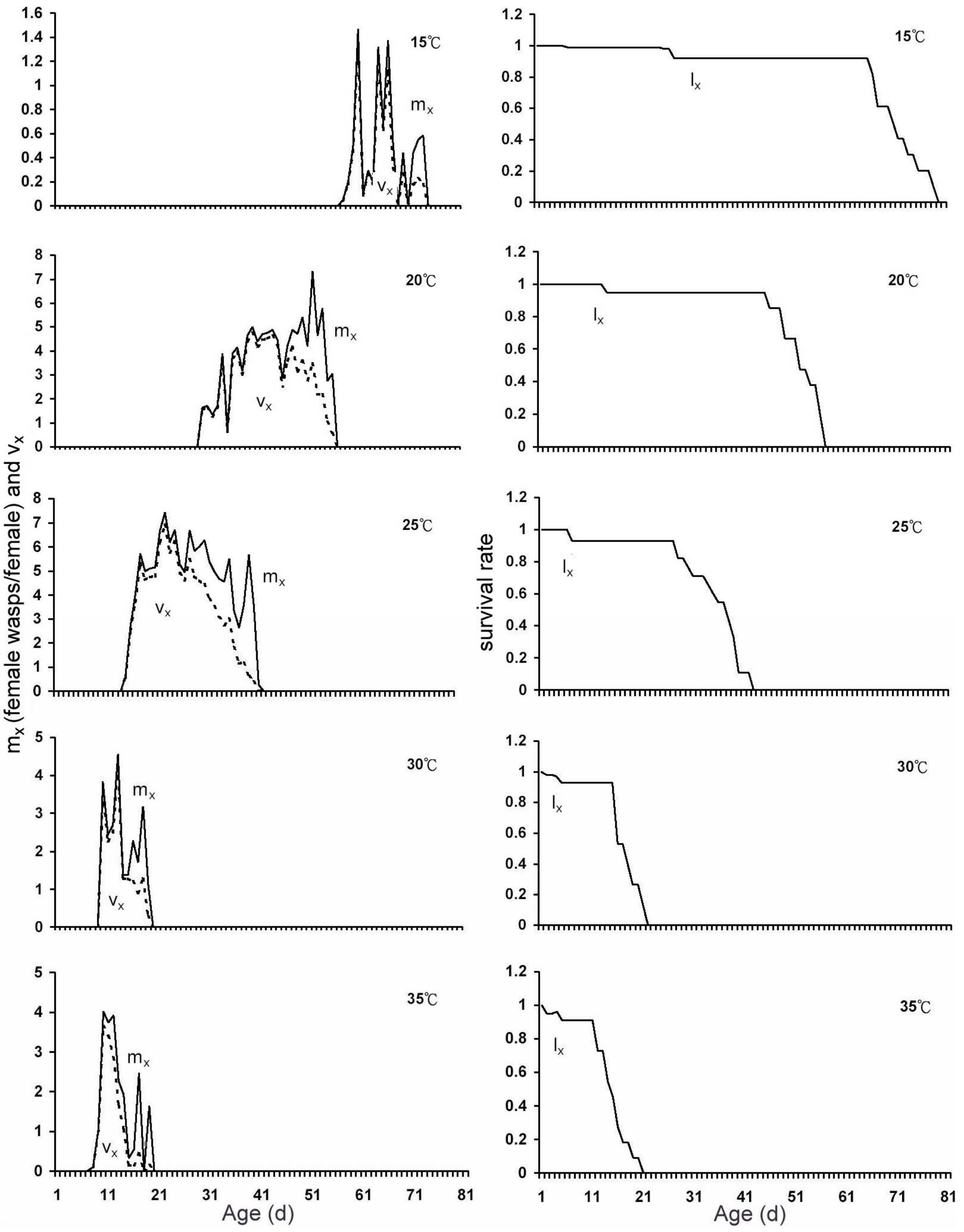
華釉小蜂在 15－35℃定溫、無寄主供應、而僅以純蜂蜜餵食時，雌、雄蜂壽命

表五、不同溫度下華釉小蜂之族群介量

Table 5. Population parameters of *Neochrysocharis formosa* at various temperatures

Temp. (℃)	r[1)]	λ[1)]	Ro[1)]	T[1)]
15	0.0293	1.0297	7	64.97
20	0.1023	1.1077	81	43.02
25	0.1815	1.2000	102	25.47
30	0.2227	1.2494	19	13.19
35	0.2392	1.2702	15	11.20

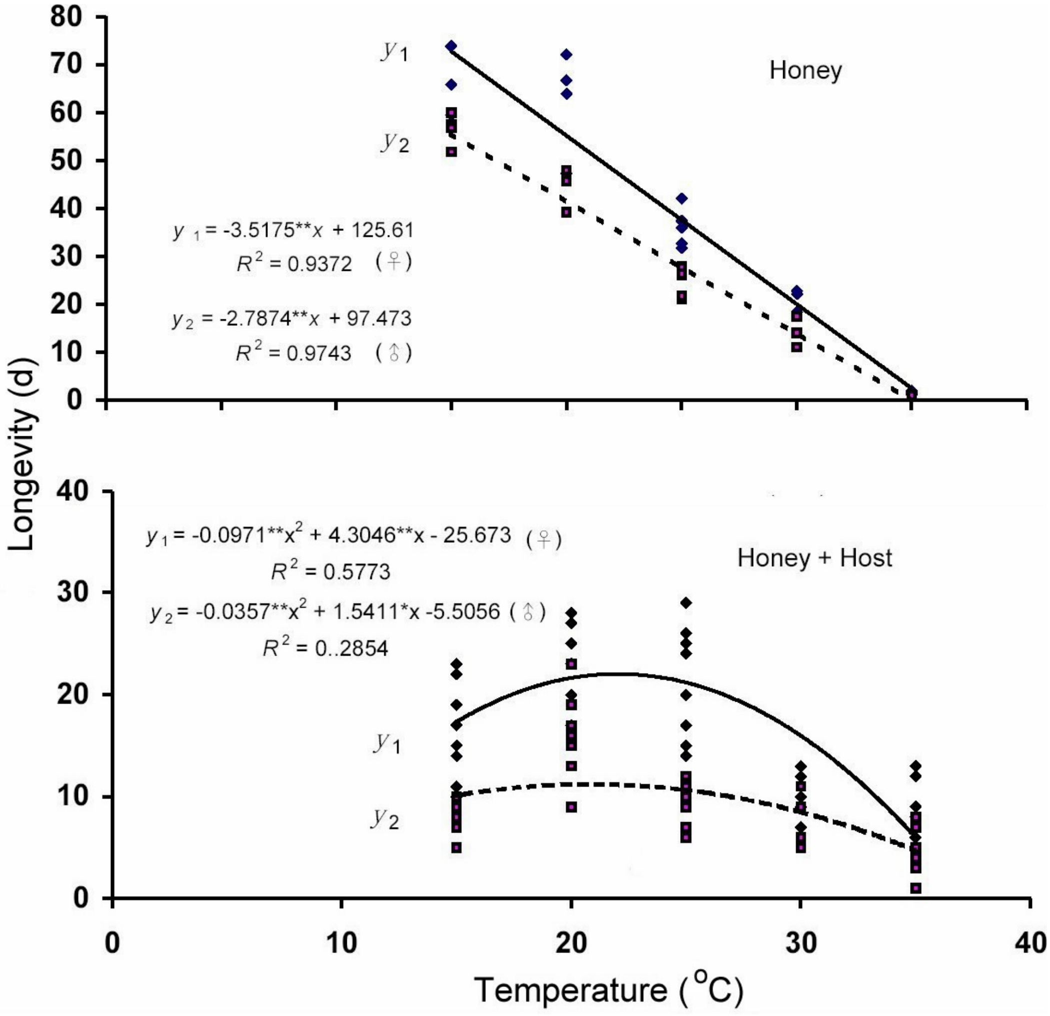
1) r, intrinsic rate of increase (d^{-1}); λ, finite rate of increase (d^{-1}); Ro, net reproduction rate (female progeny wasps /♀); T, mean generation time (d).



圖三、不同定溫下華釉小蜂之齡別繁殖率（m_x）、齡別淨增殖值（$v_x = l_x m_x$）及齡別存活率（l_x）。

Fig. 3. Age-specific fecundity rate (m_x), distribution of net maternity value ($v_x = l_x m_x$), and age-specific survival rate (l_x) of *Neochrysocharis formosa* at various constant temperatures.

均隨溫度之上升而縮短呈極顯著之直線迴歸關係（圖四)。如在 15、20、25、30 及 35°C時，雌蜂壽命之實測值各為 68.3、62.6、36.2、21.8 及 1.4 日，最大估測值為 15°C時之 72.8 日；雄蜂壽命之實測值各為 56.6、43.1、25.2、14.4 及 1.1 日，最大估測值為 15°C時之 55.7 日。在 15－35°C定溫、每日供應 40－50 隻寄主第三齡幼蟲與純蜂蜜時，華釉小蜂雌、雄蜂壽命與溫度間均呈極顯著之二次迴歸關係（圖四)。如在 15、20、25、30 及 35°C時，雌蜂壽命之實測值各為 15.6、23.8、22.3、9.3 及 8.0 日（表四)，最大估測值為 22.2°C時之 22.0 日；雄蜂壽命之實測值各為 7.8、15.1、8.8、7.7 及 5.5 日（表四)，最大估測值為 21.6°C時之 11.1 日。另在 25°C定溫、不餵食或僅餵食水時，雌、雄蜂壽命均短，雌蜂為 2.9－3.9 日，雄蜂為 2.5 日。



圖四、供應蜂蜜或蜂蜜加寄主幼蟲時華釉小蜂壽命與溫度之關係。

Fig. 4. Relationship between temperature and longevity of *Neochrysocharis formosa* provided with either honey or honey plus larvae of *Liriomyza trifolii*. * and ** denote significant difference at $p \leqq 0.05$ and $p \leqq 0.01$, respectively.

討　　論

華釉小蜂致死寄主能力之估算

華釉小蜂致死寄主之方式有寄生與取食寄主兩種，錢與古[6]曾建議此兩種能力之估算方法，可直接以寄生蜂蛹數代表雌蜂對寄主幼蟲之寄生數，而取食寄主數則以雌蜂對寄主幼蟲之總致死數減去寄生蜂蛹數。至於此種方法是否會因該蜂卵與幼蟲期之死亡，進而造成對華釉小蜂取食寄主數之高估或對其寄生寄主數之低估。經由本試驗結果顯示華釉小蜂在 20－25℃下，其卵期或幼蟲期之存活率均高達 100%，另在 15℃低溫或 30－35℃高溫下，其卵期或幼蟲期之存活率亦各高達 99.6－100%與 94.9－98.7%，因而為方便估算華釉小蜂對寄主之寄生與取食能力，錢與古[6]之方法甚為可行。同時經由本試驗結果顯示華釉小蜂雌蜂一生寄生致死寄主數與取食致死寄主數之比例與溫度呈不顯著之直線迴歸關係，於 15－35℃時兩者實測比例為 1.3－2.1:1，該值於非洲菊斑潛蠅生物防治時，對華釉小蜂釋放量之決定具參考價值。

溫度對華釉小蜂發生之影響

Campbell *et al.* 曾就蚜蟲與其寄生蜂兩者之發育臨界低溫加以比較，認為寄生蜂為適應生存，其發育臨界低溫較寄主高，但這種現象亦影響寄生蜂與寄主之同律性[12]。錢與古報導非洲菊斑潛蠅卵至成蟲期之發育臨界低溫與發育有效積溫各為 8.7℃與 294 日度，該蠅發育之適溫帶為 20－35℃[4]。而本試驗結果得知，在非洲菊斑潛蠅上華釉小蜂卵至成蟲期之發育臨界低溫與發育有效積溫各為 13.0℃與 165 日度，發育適溫帶為 15－35℃。相較之下華釉小蜂卵至成蟲期之發育臨界低溫雖較寄主高 4.3℃，但其發育有效積溫卻僅為寄主之 56.1%，同時其發育適溫帶亦較寄主為寬。另參照中央氣象局 1897－1997 年間發布臺北、新竹及臺中地區 12 至 2 月冬季之月平均最低溫為 11.7－14.3℃，臺南與高雄 6 至 8 月夏季之月平均最高溫各為 32.0－32.6℃與 31.3－37.6℃，因而顯見非洲菊斑潛蠅與華釉小蜂不但均可在臺灣地區終年發生，且兩者間之同律性亦不受當地溫度之影響。梁等報導中國大陸廣東地區蔬菜斑潛蠅上華釉小蜂其卵、幼蟲及蛹之發育臨界低溫與發育有效積溫各為 10.56、11.15 及 9.43℃與 39.08、53.03 及 130.89 日度[2]，而本試驗結果在臺灣地區非洲菊斑潛蠅上華釉小蜂其卵、幼蟲及蛹之發育臨界低溫與發育有效積溫各為 12.8、14.1 及 12.7℃與 18、44 及 93 日度，其間之差異究竟是地區、寄主植物、寄主、甚至梁等[2]將華釉小蜂幼蟲至蛹發育期間未另分一前蛹期所造成，尚待探討。

溫度對華釉小蜂致死寄主能力之影響

本試驗比較華釉小蜂在 15、20、25、30 及 35℃五種不同定溫下發育、生殖，或先在 25℃發育、再移至 30 與 35℃高溫下生殖，兩者對致死寄主能力之差異。結果得知在定溫情況下，17－32℃為華釉小蜂致死非洲菊斑潛蠅之適溫範圍，當每日供應 40－50 隻寄主第三齡幼蟲時，該蜂致死寄主總數之估測值為 137－317 隻，其間 24.9℃為其最適溫度，致死寄主能力高達 317 隻，但由實測值觀之，顯示 15、30 及 35℃即不利該蜂對寄主之致死能力，彼等溫度下雌蜂致死寄主數各銳減為 31、70 及 56 隻。但在非定溫情況下，將 25℃定溫下發育之成蜂，分別移至 30 與 35℃，該蜂一生致死寄主總數之實測值竟高達 318 與 538 隻。顯示固定之 15℃低溫或 30－35℃高溫均不適華釉小蜂對寄主之致死力，但若在 25℃下繁殖之華釉小蜂移至 30 與 35℃時，該蜂不但可發揮其取食寄主之高致死力，甚至因 35℃時溫度之升高而顯著增加其寄生致死寄主之潛能。其間之差異或可推論 30 與 35℃高溫對華釉小蜂致死寄主能力之影響，並非在雌蜂其寄生或取食

寄主之行為，但是否影響該蜂未成熟期卵巢之發育，尚待進一步試驗。不過此項特質對於華釉小蜂在溫、網室高溫下，以生物藥劑釋放方式防治非洲菊斑潛蠅時仍有利用之處。至於晝夜變溫對華釉小蜂活動、生殖及致死寄主能力之影響，仍待觀察。

溫度對華釉小蜂族群增長與抑制寄主族群能力之影響

一般生物防治時寄生蜂之內在增殖率常被要求需較寄主高或相當，可是當寄生蜂之內在增殖率較寄主為低，但其具取食寄主或殘害寄主（host mutilation）之能力時，仍可視為好的生物防治因子[13]。錢與古報導非洲菊斑潛蠅族群之增長，在 12－35℃時係隨溫度之上升而增加，其每日內在增殖率在 12、15、20、25、30 及 35℃時，各為–0.0088、–0.0004、0.1562、0.2183、0.2529 及 0.3053[4]。本試驗結果得知，華釉小蜂族群之增長在 15－35℃時亦係隨溫度之上升而增加，雖然其每日內在增殖率在 15、20、25、30 及 35℃時，各為 0.0293、0.1023、0.1815、0.2227 及 0.2392，其值與寄主之每日內在增殖率相較，除在 15℃外均較寄主為低，但該蜂致死寄主方式除寄生外，尚有取食寄主一項，如雌蜂一生寄生致死寄主數與取食致死寄主數之實測比例，在 15－35℃時為 1.3－2.1:1。因而不論自害蟲與寄生蜂間之族群增長或寄生蜂抑制寄主能力，均顯示華釉小蜂在 15－35℃時對寄主族群確有強勢之抑制力，為非洲菊斑潛蠅之有效寄生蜂。

溫度與食物對成蜂壽命之影響

寄生性膜翅目成蜂之食物可分寄主性食物（host food）與非寄主性食物（non-host food）兩大類，前者主要係寄主體液，為寄生蜂卵形成時所必需之營養；而後者則多屬醣類食物，為寄生蜂活動、維生所必需之養分[9]。本試驗結果得知，華釉小蜂壽命除受溫度影響外，亦受其寄主體液與蜂蜜之影響。在 25℃定溫、不餵食或餵水時，華釉小蜂壽命甚短，僅為 2.5－3.9 日；在 15－35℃定溫、若每日僅以純蜂蜜餵食或同時供應純蜂蜜與寄主，在 15－30℃時兩者雌蜂壽命各達 21.8－68.3 或 9.3－23.8 日，雄蜂壽命各達 14.4－56.6 或 7.7－15.1 日，而在 35℃時兩者雌蜂壽命各達 1.4 或 8.0 日，雄蜂壽命各達 1.1 或 5.5 日。顯示華釉小蜂在 15－30℃時確可因純蜂蜜之供食與無產卵活動之消耗，使得雌、雄蜂壽命較有寄主存在時各延長 1.6－4.4 與 1.9－7.3 倍，但在 35℃高溫時，華釉小蜂卻可由取食寄主體液獲得之營養，使得雌、雄蜂壽命較無寄主存在時各延長 5.7 與 5 倍。因此建議當華釉小蜂成蜂貯存、繁殖及田間應用時，均可考慮以純蜂蜜供食，除可直接延長成蜂壽命外，間接亦促進其族群增長與致死寄主能力之增強。

華釉小蜂大量繁殖時之條件

進行害蟲生物防治時，為提供適時適量之寄生蜂，因而寄生蜂之大量繁殖與貯存技術即成為害蟲生物防治中必備之條件。有關華釉小蜂之接蜂方法、寄主植物、對寄主齡期偏好性、生活史、接蜂空間及寄生蜂與寄主之適當繁殖比例等已有報導[6, 7, 8]。今由本試驗結果得知，35℃雖為華釉小蜂族群增長之最快溫度，但 25℃卻為該蜂繁殖之最適溫度。至於華釉小蜂貯存技術之開發，本試驗初步結果僅知雌蜂在 15℃下餵食純蜂蜜，其壽命可顯著延長達 68.3 日，至於該蜂最適之貯存蟲期、溫度、期限及該蜂在貯存時是否具有控制卵巢發育之機制等，仍待探討。

溫度對華釉小蜂壽命、致死寄主能力及子代雌性比之預測

本試驗之結果得知當溫度在 15－35℃間，華釉小蜂雌與雄蜂壽命、雌蜂致死寄主能力及子代雌性比等雖與溫度呈極顯著或顯著之二次迴歸關係，但彼等之決定係數（R^2）卻各為 0.5773 與 0.2854、0.5714 及

0.1804，顯示溫度此一預測變數僅可解釋彼等各測試項目總變異之 18－57%。由於寄生蜂之壽命、致死寄主能力及子代雌性比等均屬一複雜之生命現象，其值除受外界因子影響外，亦受其內在各生命現象之交互影響。因而就本試驗之結果，未來欲探討影響華釉小蜂壽命、致死寄主能力及子代雌性比之主因時，應先進行彼等測試項目間及彼等與溫度之相關性，其後再利用逐步迴歸分析法顯示各測試項目與影響因子間之迴歸關係，進而提升華釉小蜂各測試項目預測之準確性。

謝　　辭

本研究承行政院農業委員會 82 科技-1.3-糧-23（7）計畫補助部分經費，試驗期間承李佳靜小姐協助飼蟲，謹此一併致謝。

引用文獻

1. 林鳳琪、王清玲。1992。非洲菊斑潛蠅寄生蜂之種類及發生調查。中華昆蟲 12：247-257。
2. 梁廣文、詹根祥、曾玲。2002。溫度對麗潛蠅姬小蜂主要生命參數的影響。昆蟲學創新與發展-中國昆蟲學會 2002 學術年會論文集，第 248-252 頁。李典謨等編。中國科學技術出版社印。北京。
3. 詹根祥、曾玲、梁廣文、張維球。2000。麗潛蠅姬小蜂的產卵行為與寄主齡期選擇性。生態學報（增刊）20：259-263。
4. 錢景秦、古琇芷。1996。非洲菊斑潛蠅之形態、生活史及繁殖力。中華農業研究 45：69-88。
5. 錢景秦、古琇芷。1998。非洲菊斑潛蠅（雙翅目：潛蠅科）與其寄生蜂在非洲菊園之發生消長。中華昆蟲 18：187-197。
6. 錢景秦、古琇芷。2001a。五種非洲菊斑潛蠅寄生蜂（膜翅目：釉小蜂科、小繭蜂科）對寄主齡期之偏好性。台灣昆蟲 21：89-97。
7. 錢景秦、古琇芷。2001b。華釉小蜂（*Neochrysocharis formosa*）（膜翅目：釉小蜂科）之外形與生活史。台灣昆蟲 21：383-393。
8. 錢景秦、古琇芷。2002。非洲菊斑潛蠅兩種寄生蜂（膜翅目：釉小蜂科）之種內競爭。台灣昆蟲 22：279-290。
9. 錢景秦、朱耀沂、古琇芷。1994。食物對亮腹釉小蜂之壽命、卵形成及族群增長之影響。植保會刊 36：97-105。
10. Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. J. Anim. Ecol. 17: 15-26.
11. Boucek, Z., and Askew, R. R. 1968. Palearctic Eulophidae (excl. Tetrastichinae). Paris. p. 125.
12. Campbell, A., Frazer, B. D., Gilbert, N., Gutierrez, A. P., and Mackauer, M. 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. J. Appl. Ecol. 11: 431-438.
13. Huffaker, C. B., Luck, R. F., and Messenger, P. S. 1977. The ecological basis of biological control, pp. 560-586. *In*: D. White [ed.], Proceedings of XV international congress of entomology. The Entomological Society of America, College park, Maryland.
14. Johnson, M. W. 1987. Parasitization of *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) infesting commercial watermelon plantings in Hawaii. J. Econ. Entomol. 80: 56-61.
15. LaSalle, J., and Parrella, P. 1991. The chalcidoid parasites (Hymenoptera, Chalcidoidae) of economically important *Liriomyza* species (Diptera, Agromyzidae) in North America. Proc. Entomol. Soc.

Wash. 93: 571-591.

16. Lema, K. M., and Poe, S. L. 1978. Juvenile hormone analogues: effects of ZR-777 on *Liriomyza sativae* and its endoparasite. Fla. Entomol. 61: 67-68.
17. Minkenberg, O. P. J. M., and van Lenteren, J. C. 1986. The leafminers *Liriomyza bryoniae* and *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae), their parasites and host plants: a review. Agric. Univ. Wageningen Papers 86-2. 50 pp.
18. Neter, J., and Wasserman, W. 1974. Applied Linear Statistical Models. Vol. I. Regression: 291-292. Richard D. Irwin, London. 842 pp.
19. Schreiner I., Nafus, D., and Bjork, C. 1986. Control of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Dipt.: Agromyzidae) on yard-long (*Vigna unguiculata*) and pole beans (*Phaseolus vulgaris*) on Guam: effect on yield loss and parasite numbers. Trop. Pest Manage. 32: 333-337, 361, 365.
20. Schuster, D. J., Musgrave, C. A., and Jones, J. P. 1979. Vegetable leafminer *Liriomyza sativae* and parasite emergence from tomato foliage sprayed with oxamyl. J. Econ. Entomol. 72: 208-210.
21. Tryon, E. H. Jr., and Poe, S. L. 1981. Developmental rates and emergence of vegetable leafminer pupae and their parasites reared from celery foliage *Liriomyza sativae*. Fla. Entomol. 64: 477-483.
22. Yoshimoto, C. M. 1978. Revision of the subgenus *Achrysocharella* Girault of America north of Mexico (Chalcidoidea, Eulophidae: *Chrysonotomyia* Ashmead). Can. Entomol. 110: 697-719.

ABSTRACT

Chien, C. C.*, Ku, S. C., and Chang, S. C. 2005. Influence of temperature on the population increase and host-killing capability of *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). Plant Prot. Bull. 47: 87-101. (Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Wufeng, Taichung 413, Taiwan (ROC))

The influence of temperature on both the population increase and host-killing capability of the eulophid wasp, *Neochrysocharis formosa* (Westwood) was studied at 10, 15, 20, 25, 30, and 35°C. *Neochrysocharis formosa* completed its development at between 15 and 35°C. In this temperature range, its survival rate was 90.5%-94.8% and the development period from egg to adult was 7.6-56.8 days. But its hatching rate was 0% at 10°C. A lower developmental threshold was estimated to be 13.0°C for development from egg to adult. *Neochrysocharis formosa* required 18, 44, 93, and 165°C-days, respectively, to complete the egg, larval, pupal, and egg to adult stages. When 40-50 third-instar larvae of *Liriomyza trifolii* (Burgess) were provided daily for a pair of *N. formosa* between 15 and 35°C at 5°C intervals, a quadratic relationship between temperature and the total number of hosts killed was found. Accordingly, the maximum number of hosts killed was estimated to be 317 at 24.9°C. However, with wasps reared at 25°C during the immature stages and later transferred to 30 or 35°C after emergence, total numbers of hosts killed by the parasitism and feeding were 318 and 538 larvae, respectively. The linear relationship between temperature and the ratio of number of lifetime hosts parasitized over the number of lifetime hosts fed on was not significant, but the quadratic relationship between temperature and the proportion of female progeny was significant. The former ratio was 1.3-2.1:1 and the latter proportion was 0.44-0.61. At 20 and 25°C, the intrinsic rate of increase (r), net reproductive rate (R_o), and mean generation time (T) were 0.1023 and 0.1815/day, 81 and 102 female progeny wasps/female, and 43.02 and 25.47 days, respectively. When adults were fed daily with pure honey only between 15 and 35 °C, a linear relationship was shown between temperature and longevity of females and males, and the estimated maximum longevity of females and males was 72.8 and 55.7 days at 15°C, respectively. For those provided with both pure honey and hosts, a quadratic relationship was shown between temperature and longevity of females and males, and the estimated maximum longevity was 22.0 days at 22.2°C for females and 11.1 days at 21.6°C for males.

(Key words: *Neochrysocharis formosa*, *Liriomyza trifolii*, temperature, population increase, host-killing capability)

*Corresponding author. E-mail: chien@wufeng.tari.gov.tw